



普通高等教育“十三五”规划教材

PUTONG GAODENG JIAOYU “13·5” GUIHUA JIAOCAI

建筑力学能力训练 实用教程

主编 郭 影 随春娥 常建梅

主审 白铁钧



冶金工业出版社
www.cnmp.com.cn



普通高等教育“十三五”规划教材

建筑力学能力训练 实用教程

主编 郭影 随春娥 常建梅

主审 白铁钧

北 京

冶金工业出版社

2018

内 容 提 要

本书分三篇共 14 章。主要内容包括:平面力系的合成与平衡;轴向拉伸与压缩;扭转;梁的应力和变形;组合变形下的强度计算;压杆稳定;平面体系的机动分析;静定结构的内力分析;结构位移计算;位移法和力矩分配法等。

本书可作为高等院校建筑规划、管理、暖通、建筑材料、土建、水利、道桥等专业的教材,也可供有关工程技术人员注册建造师资格力学考试参考。

图书在版编目(CIP)数据

建筑力学能力训练实用教程/郭影,随春娥,常建梅主编. —北京:冶金工业出版社,2018.8

普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5024-7809-4

I. ①建… II. ①郭… ②随… ③常… III. ①建筑科学—力学—高等学校—教材 IV. ①TU311

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 150818 号

出 版 人 谭学余

地 址 北京市东城区嵩祝院北巷 39 号 邮编 100009 电话 (010)64027926

网 址 www.cnmp.com.cn 电子信箱 yjchs@cnmp.com.cn

责任编辑 杨盈园 美术编辑 彭子赫 版式设计 禹蕊

责任校对 郑娟 责任印制 李玉山

ISBN 978-7-5024-7809-4

冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销;三河市双峰印刷装订有限公司印刷
2018 年 8 月第 1 版,2018 年 8 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16;13.25 印张;321 千字;198 页

39.00 元

冶金工业出版社 投稿电话 (010)64027932 投稿信箱 tougao@cnmp.com.cn

冶金工业出版社营销中心 电话 (010)64044283 传真 (010)64027893

冶金书店 地址 北京市东四西大街 46 号(100010) 电话 (010)65289081(兼传真)

冶金工业出版社天猫旗舰店 yjgycbs.tmall.com

(本书如有印装质量问题,本社营销中心负责退换)

编写人员

主 编 郭 影 (沈阳大学)
随春娥 (内蒙古大学)
常建梅 (内蒙古大学)

主 审 白铁钧

副主编 许 波 (鄂尔多斯应用技术学院)
曹东波 (沈阳工程学院)
王 舜 (沈阳大学)
刘晓群 (沈阳大学)

参编人员 朱广轶 (沈阳大学)
张晓范 (沈阳大学)
王柳燕 (沈阳大学)
白 鸥 (沈阳职业技术学院)

前 言

建筑力学是建筑学、城市规划、土木道桥、建筑管理等专业的重要专业技术基础课。掌握结构力学的基本概念、基本原理和分析计算方法,对学习后续专业课及解决工程实际问题十分重要。编写本教材的意义和作用:一是使学生了解杆件结构的组成规律,掌握各类结构的受力特征和计算原理与方法,重点培养学生对实际工程结构中力学问题的分析能力、计算能力、自学能力和表达能力四个能力,二是为后续专业课程的学习和毕业后独立进行分析结构设计、施工和管理打下必要的专业实践基础。

基于当前应用型本科学校转型发展教学改革需要和 21 世纪对学生能力培养的要求,结合沈阳大学建筑学、土木工程和道路桥梁与渡河工程等专业多年来教学改革的实践,按照教育部“高等学校理工科非力学专业力学基础课程教学基本要求”和教育部工科力学教学指导委员会“面向 21 世纪工科力学课程教学改革的基本要求”,编写了本书。

本书的编写内容及结构与目前国内出版的各类主流《建筑力学》教材基本一致,将所有知识点内容加以综合和归类,共分为理论力学能力训练、材料力学能力训练和结构力学能力训练 3 篇,共 14 章。其主要内容包括:平面力系的合成与平衡;轴向拉伸和压缩;扭转;梁的应力和变形;组合变形下的强度计算;压杆稳定;平面体系的机动分析;静定结构的内力分析;结构位移计算;力法;位移法和力矩分配法。每章内容顺序先是本章的知识结构、能力训练要点简介,其次是本章理论知识的归纳总结及例题详解,最后是本章的选择题、填空题、判断题和分析计算题等专项训练题目,并且设计了专项训练成绩分数段,便于教师平时对学生成绩打分和学生评价自学效果。本书还附有适用于中、少学时以及考研不同层次的结构力学综合训练题,旨在进一步强化解题训练,反映考试的重点、难点,培养学生的综合计算能力和实践应用能力,巩固和提高复习效果。本书可作为高等学校建筑、城市规划、建筑管理等专业建

筑力学网络教学的辅助教材,也可作为资源共享课跨校选课参考用书。

本书得到了国家留学基金委项目(201708210323)、辽宁省自然科学基金(20170540649、20170540651)、内蒙古自然科学基金(2015BS0505)和“沈阳市重点建设专业项目”的资助以及辽宁省环境岩土工程重点实验室、内蒙古自治区桥梁检测与维修加固工程技术研究中心的大力支持。本书编撰者为:郭影(第10~14章)、随春娥(第1~3章)、常建梅(第4~5章、第9章)、许波(第6~8章)、刘晓群(绪论),书中双语词汇翻译由曹东波完成,此外部分文字编辑和校核工作由王舜、张晓范、王柳燕、朱广轶、白鸥完成,部分插图由学生吴凯凯、王莹和朱霖泽绘制。本书在编写过程中参考了大量的国内优秀教材,在此对有关作者一并表示感谢。

由于编者水平所限,书中不当之处,恳请读者予以指正,提出宝贵意见和建议。

编者

2017年12月

目 录

0 绪论	1
学习指导	1
0.1 建筑力学的任务	1
0.1.1 力系的简化和力系的平衡问题	1
0.1.2 强度问题	2
0.1.3 刚度问题	2
0.1.4 稳定问题	2
0.1.5 研究几何组成规则, 保证结构各部分不致发生相对运动	2
0.2 荷载的分类	2
0.3 结构的计算简图	2
0.3.1 基本概念	2
0.3.2 简化原则	3
0.3.3 简化内容	3
0.4 杆系结构的分类	3
专业词汇	3
专项训练 0	3

第 1 篇 理论力学能力训练

1 力 力矩 力偶	5
学习指导	5
1.1 力的性质、力的合成与分解	5
1.1.1 力的单位	5
1.1.2 力的性质	5
1.2 合力矩定理及力偶的概念、性质	6
1.2.1 合力矩定理	6
1.2.2 力偶的概念	6
1.3 例题详解	6
专业词汇	8
专项训练 1	8

2 平面力系的合成与平衡	10
学习指导	10
2.1 平面力系合成的图解、数解、平移法则及平衡条件	10
2.1.1 平面汇交力系合成的图解法——力多边形法则	10
2.1.2 平面汇交力系平衡的几何条件	10
2.1.3 平面汇交力系合成的数解法	10
2.1.4 力系的平移法则	11
2.1.5 平面一般力系的平衡条件和平衡方程	11
2.2 例题详解	11
专业词汇	16
专项训练 2	16
3 空间力系	19
学习指导	19
3.1 力在坐标的分解和空间力系的平衡	19
3.1.1 空间直角坐标轴的分解	19
3.1.2 空间汇交力系的平衡	19
3.1.3 空间一力对坐标轴之矩	19
3.1.4 空间任意力系的平衡	20
3.1.5 物体的重心	20
3.2 例题详解	21
专业词汇	24
专项训练 3	24

第 2 篇 材料力学能力训练

4 轴向拉伸与压缩	27
学习指导	27
4.1 轴向拉压的基本概念及计算方法	28
4.1.1 拉(压)杆横截面上的内力、轴力图	28
4.1.2 应力的概念	28
4.1.3 拉(压)杆横截面及斜截面上的应力	28
4.1.4 拉(压)杆内应力单元体	29
4.1.5 拉(压)杆的变形、胡克定律	29
4.1.6 极限应力、许用应力和强度条件	30
4.1.7 应力集中的概念	30
4.1.8 应变能的概念	30

4.2 材料在拉伸和压缩时的力学性能	31
4.2.1 低碳钢拉伸试验	31
4.2.2 其他材料拉伸时的力学性能	31
4.3 拉(压)杆连接部分的强度计算	32
4.3.1 剪切及其实用计算	32
4.3.2 挤压及其实用计算	32
4.4 例题详解	32
专业词汇	44
专项训练 4	44
5 扭转	49
学习指导	49
5.1 扭转相关概念与扭矩图的绘制	49
5.1.1 扭转概述	49
5.1.2 外力偶矩 T 与内力扭矩 M_T	49
5.2 扭转应力、变形及强度、刚度计算	50
5.2.1 横截面上的应力	50
5.2.2 相应的几何性质	50
5.2.3 圆杆扭转的变形	50
5.2.4 各向同性材料三个弹性常数间的关系式	50
5.2.5 圆杆扭转时的强度与刚度条件	51
5.2.6 矩形截面等直杆在自由扭转时的应力和变形	51
5.3 例题详解	51
专业词汇	58
专业训练 5	58
6 梁的应力	60
学习指导	60
6.1 正应力、正应力强度条件	60
6.1.1 纯弯曲状态下梁的正应力	60
6.1.2 正应力强度条件	60
6.2 切应力、切应力强度条件	61
6.2.1 切应力	61
6.2.2 切应力强度条件	61
6.3 梁的主应力	61
6.3.1 主应力	61
6.3.2 主应力计算公式	62
6.4 二向应力状态下的强度条件——强度理论	62
6.4.1 第一强度理论：最大拉应力理论	62

6.4.2 第二强度理论: 最大拉应变理论	62
6.4.3 第三强度理论: 最大切应力理论	63
6.4.4 第四强度理论: 最大形状改变比能理论	63
6.5 弯曲中心	63
6.6 例题详解	63
专业词汇	78
专业训练 6	78
7 梁的变形	81
学习指导	81
7.1 梁的挠曲线方程	81
7.1.1 挠度	81
7.1.2 角位移	81
7.1.3 梁的挠度曲线	82
7.2 积分法求梁的变形	82
7.2.1 积分法	82
7.2.2 梁的约束条件	82
7.3 叠加法求梁的变形	82
7.3.1 叠加法前提	82
7.3.2 叠加原理	83
7.4 梁的刚度计算和提高梁的刚度措施	83
7.4.1 梁的刚度计算	83
7.4.2 提高梁的刚度措施	83
7.5 例题详解	83
专业词汇	90
专业训练 7	90
8 杆件在组合变形下的强度计算	92
学习指导	92
8.1 斜弯曲	92
8.1.1 组合变形	92
8.1.2 斜弯曲	92
8.1.3 强度条件	92
8.2 拉伸(压缩)与弯曲组合变形	93
8.2.1 拉伸(压缩)与弯曲组合变形的概念	93
8.2.2 拉伸(压缩)与弯曲组合变形强度条件	93
8.3 偏心压缩	93
8.4 例题详解	93
专业词汇	100

专项训练 8	100
9 压杆稳定	104
学习指导	104
9.1 压杆稳定的相关概念	104
9.1.1 工程中的稳定问题	104
9.1.2 压杆的稳定平衡和不稳定平衡	104
9.2 欧拉公式及临界压力、临界应力	105
9.2.1 细长中心压杆的欧拉临界力	105
9.2.2 不同杆端约束下细长压杆的欧拉临界力公式、压杆的长度系数	105
9.2.3 超过比例极限时, 压杆的临界应力、临界应力总图	106
9.3 压杆稳定条件、稳定的实用计算—— φ 系数法	106
9.4 例题详解	106
专业词汇	108
专项训练 9	109

第 3 篇 结构力学能力训练

10 平面体系机动分析	111
学习指导	111
10.1 机动分析的几个基本概念	111
10.1.1 几何不变体系和几何可变体系	111
10.1.2 刚片、自由度和约束	112
10.1.3 瞬铰和瞬变体系	112
10.1.4 平面杆件体系的计算自由度 W	113
10.1.5 机动分析 (几何组成分析)	113
10.2 组成几何不变体系的基本规则	113
10.2.1 三刚片规则	113
10.2.2 两刚片规则	113
10.2.3 二元体规则	114
10.3 平面体系机动分析方法	114
10.3.1 从基础出发进行分析	114
10.3.2 从内部刚片出发进行分析	114
10.3.3 几点技巧	114
10.4 例题详解	114
专业词汇	118
专项训练 10	118

11 静定结构的内力计算	122
11.1 静定梁和静定刚架	122
学习指导	122
11.1.1 静定梁的内力	122
11.1.2 静定平面刚架的内力	123
11.1.3 快速、准确绘制弯矩图的规律	124
11.1.4 静定结构的基本特性	125
11.1.5 例题详解	125
专业词汇	131
专项训练 11.1	131
11.2 三铰拱的内力	135
学习指导	135
11.2.1 概述	136
11.2.2 三铰拱的计算	136
11.2.3 三铰拱的合理拱轴线	136
专业词汇	137
专项训练 11.2	137
11.3 静定平面桁架的内力	138
学习指导	138
11.3.1 基本概念	139
11.3.2 桁架内力计算方法	139
11.3.3 常用梁式桁架的比较	140
11.3.4 组合结构的内力	140
11.3.5 例题详解	140
专业词汇	148
专项训练 11.3	148
12 结构位移计算	152
学习指导	152
12.1 概述	152
12.1.1 结构的位移	152
12.1.2 结构位移的主要原因	152
12.1.3 计算结构位移的主要目的	153
12.2 变形体的虚功原理	153
12.2.1 虚功原理的两种状态应具备的条件	153
12.2.2 实功与虚功	153
12.2.3 广义力和广义位移	153
12.2.4 变形体系的虚功原理	153

12.3 静定结构的位移计算	153
12.3.1 单位荷载法	153
12.3.2 静定结构位移计算公式	154
12.4 用图乘法计算梁及刚架的位移	155
12.4.1 图乘法适用条件	155
12.4.2 图乘法计算公式	155
12.4.3 图乘法计算步骤	155
12.4.4 应用时的注意事项	155
12.5 线弹性体系的互等定理	155
12.6 例题详解	156
专业词汇	161
专项训练 12	161
13 用力法计算超静定结构	164
学习指导	164
13.1 超静定结构概述	164
13.1.1 超静定结构的特点	164
13.1.2 超静定次数的确定方法	164
13.2 力法的基本概念	165
13.2.1 转换中的“三个基本”	165
13.2.2 基本结构和基本体系	165
13.3 力法的典型方程	165
13.4 力法的计算步骤	166
13.5 对称性结构简化计算	166
13.5.1 选取对称的基本结构	166
13.5.2 选取等效的半结构	166
13.6 例题详解	168
专业词汇	175
专项训练 13	175
14 位移法和力矩分配法	179
14.1 位移法	179
学习指导	179
14.1.1 概述	179
14.1.2 等截面直杆的转角位移方程	179
14.1.3 位移法的基本未知量和基本结构	180
14.1.4 位移法的典型方程及计算步骤	181
14.1.5 直接由平衡条件建立位移法基本方程	182
14.1.6 例题详解	182

专业词汇·····	183
专项训练 14.1 ·····	183
14.2 力矩分配法·····	190
学习指导·····	190
14.2.1 力矩分配法的基本原理·····	190
14.2.2 用力矩分配法计算连续梁和无侧移刚架·····	191
14.2.3 例题详解·····	191
专业词汇·····	194
专项训练 14.2 ·····	194
参考文献·····	198



绪论

学习指导

【本章知识结构】

知识模块	知识点	掌握程度
建筑力学基本概念	建筑力学主要任务内容	理解

【本章能力训练要点】

能力训练要点	应用方向
结构计算简图	确定结构受力特点
结构、荷载分类	确定结构计算方法

0.1 建筑力学的任务

建筑是建筑物与构筑物的总称，是人们为了满足生活、生产或其他活动的需要而创造的物质的、有组织的空间环境，如：房屋、桥梁、隧道等。建筑物和构筑物是由多种结构构件以及多种建筑材料组成。所谓结构就是建筑物或构筑物的骨架，是承担重力或外力的那部分构造，要求在各种自然界与人的活动作用下，结构能承担荷载并有明确的传力路径。

力学是建筑结构的基础，有了力学分析，结构设计结束了凭直觉与构想的经验时代，进入了以受力状态为设计依据的科学时代。研究力学，正确处理建筑与结构的关系，遵循力学原理，能使设计出的建筑物符合客观规律，在保证强度、刚度与稳定的前提下，材尽其用，经济合理。

建筑力学的主要任务是研究和分析作用在结构（或构件）上力与平衡的关系；结构（或构件）内力、应力、变形的计算方法以及构件的强度、刚度和稳定条件；在保证结构既安全可靠又经济节约的前提下，为构件选择合适的材料、确定合理的截面形状和尺寸提供计算理论及计算方法。

主要任务可归纳为以下几个方面的内容：

0.1.1 力系的简化和力系的平衡问题

用一个等效的简单力系来代替作用在刚体上的复杂力系，称为力系的简化；如果作用在刚体上的力系满足平衡条件，此时力系不改变刚体的原有运动状态，则称为力系的平

衡。前提是需要假定所研究的对象为刚体。所谓刚体就是在外力作用下形状和体积不变的物体。虽然绝对的刚体是不存在的,但由于很多情况下物体的变形对力系的平衡问题影响甚小,所以变形可忽略不计。

0.1.2 强度问题

强度是材料、构件或结构在荷载作用下抵抗破坏的能力。工程上使用的材料与构件必须保证安全可靠,在正常使用状态下,构件与结构不应发生强度破坏。

0.1.3 刚度问题

刚度是材料、构件或结构抵抗变形的能力。结构构件在荷载作用下将产生内力,相应地将产生变形,如果变形过大会影响构件的正常使用。如:屋架上的檩条变形过大会使屋面凹凸不平,造成屋面漏水;梁的变形过大会引起门窗框变形,门窗不能正常开启,造成房屋不能正常使用。

0.1.4 稳定问题

稳定问题是细长轴心受压杆件,在压力远小于材料的抗压强度所确定的荷载时,杆件就发生弯曲,不能正常工作,甚至会导致结构的倒塌,这种现象也称为失稳。在设计细长的中心受压杆件时,长细比不能过大,也可以提高边界条件约束,或增大截面抗弯模量。

0.1.5 研究几何组成规则,保证结构各部分不致发生相对运动

要求工程结构必须是几何不变体系,在荷载作用下,当不考虑材料的变形时,能保持其几何形状和位置不变。

本书只研究与分析杆及杆系结构。

0.2 荷载的分类

荷载定义:结构上承受的主动动力。

荷载分类:

- (1) 按荷载作用的范围可分为分布荷载和集中荷载;
- (2) 按荷载作用时间的长短可分为恒荷载和活荷载;
- (3) 按荷载作用的性质可分为静荷载和动荷载;
- (4) 按荷载作用位置的变化可分为固定荷载和移动荷载。

0.3 结构的计算简图

0.3.1 基本概念

(1) 计算简图:对实际结构作力学分析,是通过结构计算简图来进行的,即用一个简化的图形代替实际结构的计算图形。

(2) 结构体系：空间结构和平面结构

(3) 支座：结构与基础的连接部分，分刚性支座和弹性支座。

1) 刚性支座：活动铰支座、固定铰支座和固定支座。

2) 弹性支座：分伸缩和旋转弹性支座。

(4) 结点：杆件间的连接区，分为刚结点、铰结点和组合结点。

1) 刚结点：其特征是被连接的杆件在连接处不能相对移动，也不能相对转动，既可以传递力，也可以传递力矩。

2) 铰结点：其特征是被连接的杆件在连接处不能相对移动，但可做相对转动，因此铰结点可以传递轴力和剪力，但不能传递力矩。

3) 组合结点：在一个结点上可以同时出现刚结点和铰结点的连接方式。

0.3.2 简化原则

(1) 计算简图必须能够反映实际结构的主要受力特征，确保计算结果可靠。

(2) 在满足计算精度的条件下，结构计算简图尽量简单，使计算方便可行。

0.3.3 简化内容

(1) 结构体系简化；

(2) 支座简化；

(3) 结点简化；

(4) 杆件简化；

(5) 荷载简化；

(6) 材料简化。

0.4 杆系结构的分类

平面杆系结构的分类：梁、拱、刚架、桁架、组合结构和悬索结构。

专业词汇

计算简图 computing model 结构 structure 铰 hinge 铰结点 hinge joint 刚结点 rigid joint 联系 connection 链杆 bar 荷载 load 杆件结构 structure of bar system 板壳结构 plate and shell structure 实体结构 massive structure 梁式结构 beam-type structure 刚架 frame 拱 arch 平面桁架 plane truss 排架 bent 组合结构 composite structure

专项训练 0

一、填空题（每题 5 分，共计 15 分）

1. 结构按照几何特征分为_____、_____和_____；按照空间特征分为_____和_____。
2. 结构中常见的杆件有_____、_____和_____。
3. 恒荷载和活荷载是按_____和_____来区分的。